UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama

Sidang 1988/89

EEE 413 Sistem Kawalan Automatik

Tarikh: 25 Oktober 1988 Masa: 2.15 petang - 5.15 petang (3 jam)

---

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi 9 muka surat berserta Lampiran (4 muka surat) bercetak dan TUJUH (7) soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jadual Jelmaan Laplace ialah di Lampiran I, II, III dan IV.

Jawab LIMA (5) soalan.

Jawab kesemua soalan di dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. A : Apakah yang dimaksudkan dengan suapbalik?
Berikan contoh yang mudah untuk menerangkan jawapan anda?

(20%)

B : Bincangkan kesan suapbalik ke atas

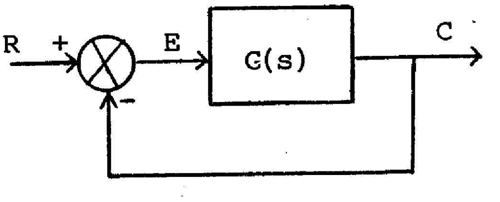
(i) Perubahan parameter
(ii) Kawalan dinamik

(40%)

C : Bincangkan kesan suapbalik ke atas lebarjalur (LJ). Anda dikehendaki merujuk perbincangan ke atas Penuras (penguat) laluan rendah.

(40%)

2. A : Gambarajah blok RAJAH 2 merupakan suatu sistem kawalan suapbalik. Adalah dikehendaki bahawa




RAJAH 2

...3/-

(a) Ralat keadaan mantap akibat daripada suatu input fungsi-unit-langkah adalah sifar

(b) Persamaan ciri sistem keseluruhan adalah

$$s^3 + 4s^2 + 6s + 4 = 0$$

Cari fungsi pindah gelung-terbuka tertib-ketiga G(s) agar syarat-syarat di atas dipenuhi serentak.

(40%)

B : Untuk sistem kawalan suapbalik RAJAH 2 di atas, adalah dikehendaki

(a) Ralat keadaan mantap akibat input fungsi-unit-rampa menjadi 2.0

(b) Punca-punca dominan persamaan ciri sistem tertib ketiga adalah -1+j1 dan -1-j1. Cari fungsi pindah gelung-terbuka tertib-ketiga G(s) supaya syarat-syarat di atas dipenuhi.

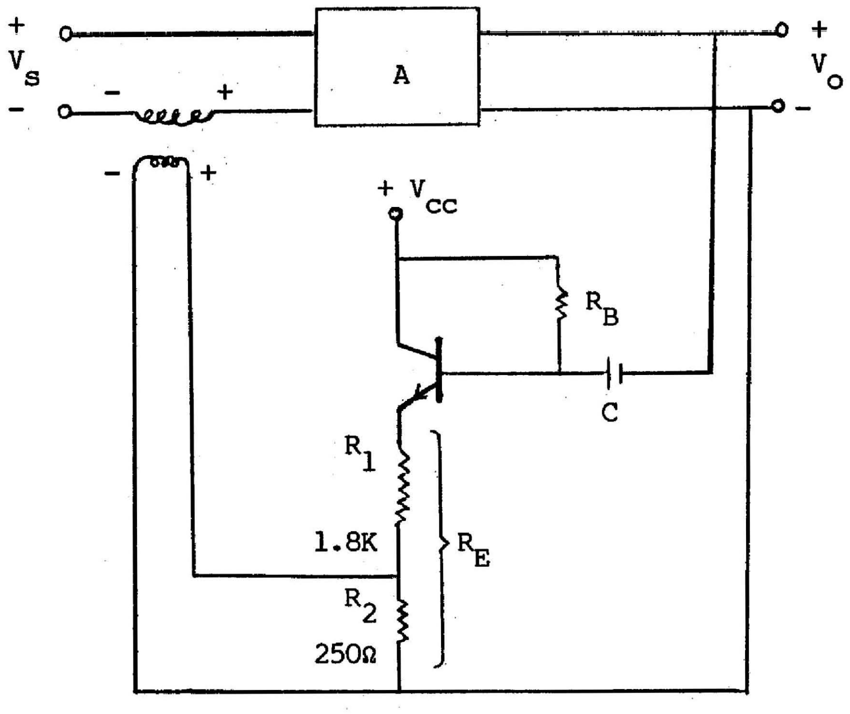
(60%)

3. A : Transistor disambung sebagai pengikut-pemancar.

(a) Anggarkan $\beta$ untuk litar ini pada frekuensi jalurtengah (dimana $X_c \approx 0$, reaktans impedans). (RAJAH 3).

(b) Dapatkan nilai A yang dikehendaki untuk memegang perubahan $A_{vf}$ kepada 3% jika A berubah sebanyak 45%.

(30%)




RAJAH 3

B : Untuk litar di dalam RAJAH 3, penguat untung voltan $A_v$ sama dengan 100 sahaja yang ada. Cari nilai $R_1$ dan $R_2$ yang baharu yang akan mengekalkan kestabilan untung yang sama seperti di dalam soalan 3A. $R_E$ dikehendaki kekal pada 2050Ω.

(30%)

C : Suatu penguat mempunyai $A_v$ = 80 dB (untung voltan) dan hasildarab LJ - untung $A_v f_h$ 1 MHz. Bila suapbalik negatif digunakan, LJ menjadi 10 kHz. Dapatkan $A_{vf}$ dan β.

(40%)

...5/-

4. Kedudukan sudut suatu set radar akan dikawal melalui sistem suapbalik negatif seperti yang tertera di dalam RAJAH 4. Inersia radar adalah J kg $m^2$, dan daya rintangan terhadap pergerakannya adalah disebabkan geseran kelikatan linear, dengan suatu pekali yang sehubungan dengannya c Nms.

Motor pendorong dapat dianggap mempunyai suatu fungsi pindah yang diberikan

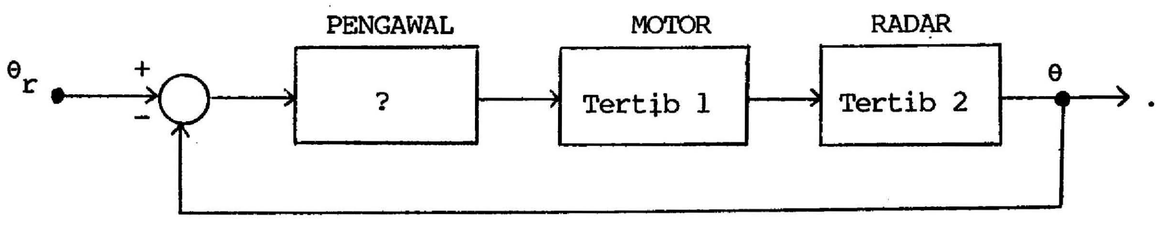
$$G_m(s) = \frac{k_m}{s + 1/T_m}$$

(i) Rekabentuk awal pengawal adalah untuk untung berkadaran ringkas, $k_c$. Gunakan ujian Routh dan Hurwitz untuk mendapatkan had $k_c$ sedemikian rupa sehingga sistem stabil di dalam gelung-tertutup.

(50%)

(ii) Supaya menyingkirkan ralat terhadap input rampa, adalah dicadangkan bahawa pengawal sekarang menggunakan tindakan kamiran, yakni, fungsi pindahnya adalah $k_c/s$. Dengan menggunakan ujian Routh, komen terhadap kegeligaan idea ini.

(50%)

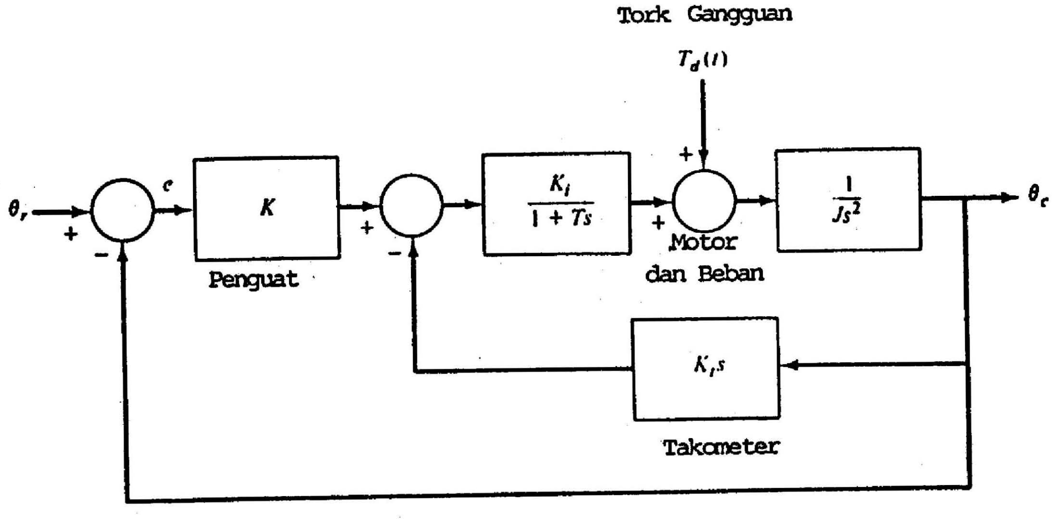



RAJAH 4

...6/-

5. Gambarajah blok suatu sistem kawalan suapbalik tertera seperti di dalam RAJAH 5. Parameter-parameter sistem yang telah ditetap adalah

$T = 0.1$ $J = 0.01$ $K_i = 10$




RAJAH 5

Dianggapkan bahawa semua unit parameter-parameter ini adalah tekal (consistent) sehingga tidak perlu penukaran.

(a) Tentukan bagaimana nilai K dan $K_i$ mempengaruhi ralat keadaan-mantap [e(t) adalah ralat] bila $\theta_r(t) = t\ u_s(t)$. Setkan $T_d = 0$

(25%)

(b) Tentukan bagaimana nilai K dan $K_i$ mempengaruhi nilai keadaan-mantap $\theta_c(t)$ bila tork gangguan $T_d$ adalah fungsi unit langkah, $T_d(t) = u_s(t)$. Di dalam kes ini setkan $\theta_r(t) = 0$.

(25%)

...7/-

(c) Setkan $K_t$ = 0.01 dan dengan parameter-parameter sistem seperti yang diberikan di atas, cari nilai keadaan-mantap minimum $\theta_c(t)$ yang anda sebenarnya boleh dapat dengan mengubah K, bila tork gangguan $T_d$ adlah fungsi unit langkah. Berikan nilai keadaan-mantap minimum $\theta_c$ ini dan nilai K yang bersepadan. Anggaplah bahawa $\theta_r$ = 0 untuk bahagian ini. Daripada sudut-pandangan sambutan fana, apakah anda akan mengendalikan sistem dengan nilai K ini? Terangkan.

(25%)

(d) Anggapkan bahawa adalah dikehendaki untuk mengendalikan sistem dengan K seperti yang dipilih di dalam bahagian (c). Cari nilai $K_t$ supaya punca-punca kompleks persamaan ciri akan mempunyai satu bahagian nyata -2.5. Carikan ketiga-tiga punca ini.

(25%)

6. A : Diberi sistem

$$\dot{x}(t) = A\,x(t) + Bu(t)$$
$$c(t) = D\,x(t)$$

di mana

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -3 \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} \qquad D = [1 \quad 1]$$

...8/-

(a) Tentukan kebolehkawalan dan kebolehcerapan keadaan sistem.

(b) Misalkan $u = -GX$, di mana $G = [g_1, g_2]$. Tentukan jika dan bagaimana kebolehkawalan dan kebolehcerapan sistem gelung-tertutup dikesani oleh unsur-unsur G.

(40%)

B : Fungsi pindah gelung-terbuka suatu sistem kawalan diberikan sebagai

$$G(s) = \frac{10}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6}$$

Binakan diagram Nyquist untuk G(s) ini, dan tentukan ciri-ciri yang berkaitan yang mempengaruhi prestasi gelung-tertutup.

(40%)

Lakarkan sambutan terhadap suatu input langkah untuk sistem gelung-tertutup.

(20%)

7. Gambarajah blok suatu sistem kawalan suapbalik ditunjukkan di dalam RAJAH 7.

(a) Tuliskan persamaan dinamik sistem di dalam bentuk vektor-matriks.

(30%)

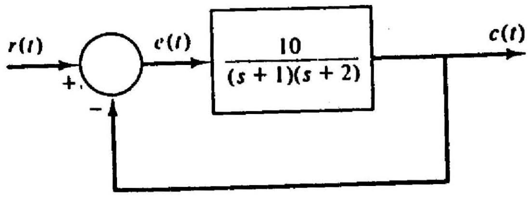
...9/-

(b) Lakarkan gambarajah keadaan untuk sistem tersebut.

(30%)

(c) Cari persamaan peralihan keadaan untuk sistem. Ungkapkan persamaan-persamaan di dalam bentuk vektor matriks. Keadaan-keadaan awal dinyatakan oleh $x(t_o)$ dan masukan $r(t)$ adalah fungsi unit langkah, $u_s(t - t_o)$, yang digunakan pada $t = t_o$.

(40%)




RAJAH 7

- oooOooo -

LAMPIRAN ( I )

## JADUAL JELMAAN LAPLACE

| Laplace Transform, $F(s)$ | Time Function, $f(t)$ |
|---|---|
| $\frac{1}{s}$ | $u(t)$ (unit step function) |
| $\frac{1}{s^2}$ | $t$ |
| $\frac{n!}{s^{n+1}}$ | $t^n$ ($n$ = positive integer) |
| $\frac{1}{s+a}$ | $e^{-at}$ |
| $\frac{1}{(s+a)(s+b)}$ | $\frac{e^{-at}-e^{-bt}}{b-a}$ |
| $\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ | $\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t$ |
| $\frac{1}{(1+sT)^n}$ | $\frac{1}{T^n(n-1)!}t^{n-1}e^{-t/T}$ |
| $\frac{\omega_n^2}{(1+Ts)(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2)}$ | $\frac{T\omega_n^2 e^{-t/T}}{1-2\zeta T\omega_n+T^2\omega_n^2}+\frac{\omega_n e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t-\phi\right)}{\sqrt{(1-\zeta^2)(1-2\zeta T\omega_n-T^2\omega_n^2)}}$, where $\phi=\tan^{-1}\frac{T\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-T\zeta\omega_n}$ |

LAMPIRAN (II)

| Laplace Transform, $F(s)$ | Time Function, $f(t)$ |
| --- | --- |
| $\frac{\omega_n}{s^2+\omega_n^2}$ | $\sin \omega_n t$ |
| $\frac{\omega_n}{(1+Ts)(s^2+\omega_n^2)}$ | $\frac{T\omega_n}{1+T^2\omega_n^2} e^{-t/T} + \frac{1}{\sqrt{1+T^2\omega_n^2}} \sin(\omega_n t - \phi)$ where $\phi = \tan^{-1} \omega_n T$ |
| $\frac{\omega_n^2}{s(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2)}$ | $1 + \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\, t - \phi\right)$ where $\phi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta}$ |
| $\frac{\omega_n^2}{s(s^2+\omega_n^2)}$ | $1 - \cos \omega_n t$ |
| $\frac{1}{s(1+Ts)}$ | $1 - e^{-t/T}$ |
| $\frac{1}{s(1+Ts)^2}$ | $1 - \frac{t+T}{T} e^{-t/T}$ |
| $\frac{\omega_n^2}{s(1+Ts)(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2)}$ | $1 - \frac{T^2\omega_n^2}{1-2T\zeta\omega_n+T^2\omega_n^2} e^{-t/T} + \frac{e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\, t-\phi\right)}{\sqrt{(1-\zeta^2)(1-2\zeta T\omega_n+T^2\omega_n^2)}}$ where $\phi = \tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta} + \tan^{-1}\frac{T\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-T\zeta\omega_n}$ |
| $\frac{\omega_n^2}{s^2(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2)}$ | $t - \frac{2\zeta}{\omega_n} + \frac{1}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\, t - \phi\right)$ where $\phi = 2\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta}$ |
| $\frac{\omega_n^2}{s^2(1+Ts)(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2)}$ | $t - T - \frac{2\zeta}{\omega_n} + \frac{T^3\omega_n^2}{1-2\zeta\omega_n T+T^2\omega_n^2} e^{-t/T} + \frac{e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\, t-\phi\right)}{\omega_n\sqrt{(1-\zeta^2)(1-2\zeta\omega_n T+T^2\omega_n^2)}}$ where $\phi = 2\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta} + \tan^{-1}\frac{T\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-T\omega_n\zeta}$ |
| $\frac{1}{s^2(1+Ts)^2}$ | $t - 2T + (t+2T)e^{-t/T}$ |

LAMPIRAN ( III)

| Laplace Transform, $F(s)$ | Time Function, $f(t)$ |
|---|---|
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ | $\omega_n\sqrt{\dfrac{1-2a\zeta\omega_n+a^2\omega_n^2}{1-\zeta^2}}\, e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)$<br>where $\phi=\tan^{-1}\dfrac{a\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-a\zeta\omega_n}$ |
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{s^2+\omega_n^2}$ | $\omega_n\sqrt{1+a^2\omega_n^2}\,\sin(\omega_n t+\phi)$ where $\phi=\tan^{-1}a\omega_n$ |
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{(1+Ts)\left(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2\right)}$ | $\dfrac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}}\sqrt{\dfrac{1-2a\zeta\omega_n+a^2\omega_n^2}{1-2T\zeta\omega_n+T^2\omega_n^2}}\, e^{-\zeta\omega_n t}$<br>$\times\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)+\dfrac{(T-a)\,\omega_n^2}{1-2T\zeta\omega_n+T^2\omega_n^2}e^{-t/T}$<br>where $\phi=\tan^{-1}\dfrac{a\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-a\zeta\omega_n}-\tan^{-1}\dfrac{T\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-T\zeta\omega_n}$ |
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{(1+Ts)\left(s^2+\omega_n^2\right)}$ | $\dfrac{\omega_n^2(T-a)}{1+T^2\omega_n^2}e^{-t/T}+\dfrac{\omega_n\sqrt{1+a^2\omega_n^2}}{\sqrt{1+T^2\omega_n^2}}\sin(\omega_n t+\phi)$<br>where $\phi=\tan^{-1}a\omega_n-\tan^{-1}\omega_n T$ |
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{s\left(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2\right)}$ | $1+\dfrac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}}\sqrt{1-2a\zeta\omega_n+a^2\omega_n^2}\,e^{-\zeta\omega_n t}$<br>$\times\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)$<br>where $\phi=\tan^{-1}\dfrac{a\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-a\zeta\omega_n}-\tan^{-1}\dfrac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta}$ |
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{s(1+Ts)\left(s^2+\omega_n^2\right)}$ | $1+\dfrac{T\omega_n^2(a-T)}{1+T^2\omega_n^2}e^{-t/T}-\sqrt{\dfrac{1+a^2\omega_n^2}{1+T^2\omega_n^2}}\cos(\omega_n t+\phi)$<br>where $\phi=\tan^{-1}a\omega_n-\tan^{-1}\omega_n T$ |
| $\dfrac{\omega_n^2(1+as)}{s(1+Ts)\left(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2\right)}$ | $1+\sqrt{\dfrac{1-2\zeta a\omega_n+a^2\omega_n^2}{(1-\zeta^2)(1-2T\zeta\omega_n+T^2\omega_n^2)}}\,e^{-\zeta\omega_n t}$<br>$\times\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)+\dfrac{\omega_n^2T(a-T)}{1-2T\zeta\omega_n+T^2\omega_n^2}e^{-t/T}$<br>$\phi=\tan^{-1}\left[a\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}/(1-a\zeta\omega_n)\right]$<br>$-\tan^{-1}\dfrac{T\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}{1-T\zeta\omega_n}-\tan^{-1}\dfrac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta}$ |

LAMPIRAN (IV)

| Laplace Transform, $F(s)$ | Time Function, $f(t)$ |
|---|---|
| $\frac{1+as}{s^2(1+Ts)}$ | $t+(a-T)(1-e^{-t/T})$ |
| $\frac{s\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ | $\frac{\omega_n^2}{\sqrt{1-\zeta^2}}e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)$ where $\phi=\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta}$ |
| $\frac{s}{s^2+\omega_n^2}$ | $\cos\omega_n t$ |
| $\frac{s}{\left(s^2+\omega_n^2\right)^2}$ | $\frac{1}{2\omega_n}t\sin\omega_n t$ |
| $\frac{s}{\left(s^2+\omega_{n1}^2\right)\left(s^2+\omega_{n2}^2\right)}$ | $\frac{1}{\omega_{n2}^2-\omega_{n1}^2}(\cos\omega_{n1}t-\cos\omega_{n2}t)$ |
| $\frac{s}{(1+Ts)\left(s^2+\omega_n^2\right)}$ | $\frac{-1}{\left(1+T^2\omega_n^2\right)}e^{-t/T}+\frac{1}{\sqrt{1+T^2\omega_n^2}}\cos(\omega_n t-\phi)$ where $\phi=\tan^{-1}\omega_n T$ |
| $\frac{1+as+bs^2}{s^2(1+T_1 s)(1+T_2 s)}$ | $t+(a-T_1-T_2)+\frac{b-aT_1+T_1^2}{T_1-T_2}e^{-t/T_1}-\frac{b-aT_2+T_2^2}{T_1-T_2}e^{-t/T_2}$ |
| $\frac{\omega_n^2(1+as+bs^2)}{s\left(s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2\right)}$ | $1+\sqrt{\frac{\left(1-a\zeta\omega_n-b\omega_n^2+2b\zeta^2\omega_n^2\right)^2+\omega_n^2(1-\zeta^2)(a-2b\zeta\omega_n)^2}{1-\zeta^2}}$ $\times e^{-\zeta\omega_n t}\sin\left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,t+\phi\right)$ where $\phi=\tan^{-1}\frac{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\,(a-2b\zeta\omega_n)}{b\omega_n^2(2\zeta^2-1)+1-a\zeta\omega_n}-\tan^{-1}\frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta}$ |
| $\frac{s^2}{\left(s^2+\omega_n^2\right)^2}$ | $\frac{1}{2\omega_n}(\sin\omega_n t+\omega_n t\cos\omega_n t)$ |